

PAT-NO: JP02001061292A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001061292 A

TITLE: CONTROL DEVICE FOR DRIVE MECHANISM HAVING MOTOR

PUBN-DATE: March 6, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KANDA, KOJI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KOYO SEIKO CO LTD	N/A

APPL-NO: JP11233768

APPL-DATE: August 20, 1999

INT-CL (IPC): H02P007/00, B62D005/04 , G05B011/32 , G05B011/36 , G05B013/02
, G05B013/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a control device that compensates for various fluctuation factors relating to a drive mechanism including a motor, and can satisfactorily control the drive mechanism.

SOLUTION: A controller 10 for controlling drive of an electric motor 20 is equipped with a command voltage determination means 11, that generates a command voltage signal (r), a target response model means 12 that applies the command voltage signal (r) to a target response model M for generating a target current signal Mr, a subtraction means 13 that calculates the deviation between a current signal (y) of the electric motor 20 and the target current signal Mr, a model error correction means 14 that multiplies the deviation by a correction gain K, a feedforward means 16 that allows a signal Mr/P (P is a model of the electric motor in terms of design) corresponding to the target current signal, and an addition means 15 that adds the signal Mr/P to the output of the model error correction means 14 for generating a drive control signal. When the correction gain K is set to a sufficiently large value, y approaches Mr, thus achieving a nearly constant current response, without being affected by the amount of fluctuation ΔP of the actual electric motor.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-61292

(P2001-61292A)

(43) 公開日 平成13年3月6日 (2001.3.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード*(参考)		
H 0 2 P	7/00	H 0 2 P	7/00	C	3 D 0 3 3
B 6 2 D	5/04	B 6 2 D	5/04		5 H 0 0 4
G 0 5 B	11/32	G 0 5 B	11/32	F	5 H 5 7 0
	11/36		11/36	A	9 A 0 0 1
	13/02		13/02	B	
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁) 最終頁に続く					

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-233768

(22) 出願日 平成11年8月20日 (1999.8.20)

(71) 出願人 000001247

光洋精工株式会社

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

(72) 発明者 神田 耕治

大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋

精工株式会社内

(74) 代理人 100075155

弁理士 亀井 弘勝 (外2名)

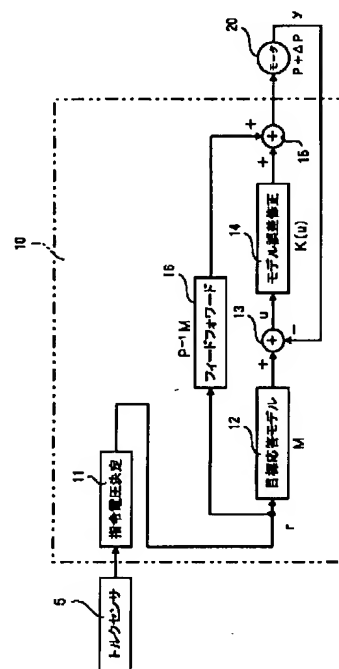
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータを有する駆動機構のための制御装置

(57) 【要約】

【解決手段】 電動モータ20を駆動制御するコントローラ10は、指令電圧信号 r を生成する指令電圧決定手段11、指令電圧信号 r を目標応答モデル M にあてはめて目標電流信号 Mr を生成する目標応答モデル手段12、電動モータ20の電流信号 y と目標電流信号 Mr との偏差を演算する減算手段13、この偏差に修正ゲイン K を乗じるモデル誤差修正手段14、目標電流信号に対応した信号 Mr/P (P は設計上の電動モータのモデル)をフィードフォワードするフィードフォワード手段16、および信号 Mr/P とモデル誤差修正手段14の出力とを加算して駆動制御信号を生成する加算手段15を備えている。

【効果】 修正ゲイン K を十分に大きくすると、 $y \rightarrow Mr$ となり、実際の電動モータの変動分 ΔP の影響を受けることなく、ほぼ一定の電流応答を実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】モータを含む駆動機構を指令信号に応じて制御するための制御装置であって、指令信号にตอบสนองして前記駆動機構の目標動作状態に相当する目標信号を発生する目標応答モデル手段と、前記目標信号と前記駆動機構の実際の動作状態に相当する実作動信号との偏差を求める偏差演算手段と、前記偏差に対して修正ゲインを乗じるモデル誤差修正手段を有し、このモデル誤差修正手段により生成された信号に基づいて、前記駆動機構に与えるべき駆動制御信号を生成する駆動制御信号生成手段とを含むことを特徴とする、モータを有する駆動機構のための制御装置。

【請求項2】前記目標信号に対応するフィードフォワード信号を出力するフィードフォワード手段をさらに含む、

前記駆動制御信号生成手段は、前記フィードフォワード手段が出力するフィードフォワード信号を前記モデル誤差修正手段によって生成された信号に加算することにより、前記駆動制御信号を作成する加算手段をさらに含むものであることを特徴とする請求項1記載の、モータを有する駆動機構のための制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、たとえば、パワーステアリング装置の駆動源などとして使用されるモータを含む駆動機構を駆動制御するための制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、車両のステアリング機構に電動モータが発生するトルクを伝達し、これにより、操舵の補助を行う電動パワーステアリング装置が用いられている。このような電動パワーステアリング装置のためのモータ制御装置の構成は、図6に示されている。このモータ制御装置は、ステアリング機構に与えるべき操舵補助力の発生源としての電動モータ50をフィードバック制御する。すなわち、電動モータ50に実際に流れる電流であるモータ電流 I_{mo} は、フィードバックされて、減算部51に入力される。この減算部51には、ステアリングホイールに加えられたトルクや車速などに基づいて設定される目標電流 I_r が入力されるようになってい

る。したがって、減算部51からは、モータ電流 I_{mo} の目標電流 I_r に対する偏差が出力されることになる。この偏差に基づき、比例積分 (PI) 制御部52が、電動モータ20に印加すべき制御電圧を発生する。さらに、この制御電圧に対応したデューティ比がデューティ演算部53により演算され、こうして演算されたデューティ比により、電動モータ50は、PWM制御部54によって駆動制御される。

【0003】必要に応じて、PI制御に代えて、PID (比例積分微分) 制御が適用される場合もある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】PI制御およびPID制御は、いずれも、一定の制御パラメータを用いて制御対象を制御する制御手法である。しかし、電動パワーステアリング装置における制御対象である電動モータは、個々にばらつきがあるうえ、周囲温度や、コントローラから電動モータまでのハーネスの長さなどの種々の要因により、その電氣的時定数 τ ($=L/R$: L は電動モータの等価的インダクタンス、 R は電動モータの等価的抵抗) にばらつきや変動が生じる。そのため、一定の制御パラメータを用いたPI制御またはPID制御では、電流応答にばらつきが生じ、安定な操舵フィーリングを得ることができない場合がある。

【0005】個々の電動パワーステアリング装置間のばらつきの問題は、個々の電動パワーステアリング装置において電動モータの時定数を実測し、それに応じて、PIまたはPID制御の制御パラメータを適切に定めることにより解決できるであろう。しかし、この手法は、個々の装置ごとの時定数の測定と、その測定結果を基にコンピュータを用いて最適な制御パラメータを推論させる処理とが必要であり、作業が極めて面倒であり、量産に適した手法ではない。

【0006】しかも、電動モータの時定数 τ は、周囲温度に依存するから、電動パワーステアリング装置の使用時の周囲温度を考慮する必要があるうえ、この周囲温度が一定であることは望むべくもないから、上述の手法では、電動モータの制御の改善に限界がある。そこで、この発明の目的は、モータを含む駆動機構に関連した様々な変動要因を補償して、駆動機構を良好に制御することができる制御装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段および発明の効果】前記の目的を達成するための請求項1記載の発明は、モータを含む駆動機構を指令信号に応じて制御するための制御装置であって、指令信号にตอบสนองして前記駆動機構の目標動作状態に相当する目標信号を発生する目標応答モデル手段と、前記目標信号と前記駆動機構の実際の動作状態に相当する実作動信号との偏差を求める偏差演算手段と、前記偏差に対して修正ゲインを乗じるモデル誤差修正手段を有し、このモデル誤差修正手段により生成された信号に基づいて、前記駆動機構に与えるべき駆動制御信号を生成する駆動制御信号生成手段とを含むことを特徴とする、モータを有する駆動機構のための制御装置である。

【0008】前記駆動制御信号生成手段は、前記モデル誤差修正手段の出力を前記駆動制御信号とするものであってもよい。また、請求項2に記載されているように、前記制御装置は、前記目標信号に対応するフィードフォワード信号を出力するフィードフォワード手段をさらに含むものであってもよく、この場合に、前記駆動制御信

3

号生成手段は、前記フィードフォワード手段が出力するフィードフォワード信号を前記モデル誤差修正手段によって生成された信号に加算することにより、前記駆動制御信号を作成する加算手段をさらに含むものであってもよい。

【0009】指令信号を r で表し、実作動信号を y で表す
 $(Mr - y)K(P + \Delta P) = y$

これを y について解くと、次の第(2)式を得る。

【0010】

$$y = \frac{Mr(P + \Delta P)}{(P + \Delta P) + (1/K)} \quad \dots\dots(2)$$

【0011】そこで、修正ゲイン K を十分大きくすることにより、 $y \rightarrow Mr$ となる。したがって、実際の駆動機構の変動分 ΔP によらずに、指令信号に対応した目標ど

$$\{(Mr - y)K + Mr/P\} \cdot (P + \Delta P) = y \quad \dots\dots(3)$$

これを y について解くと、次の第(4)式が得られる。

【0013】

$$y = \left(1 + \frac{\Delta P}{P(1 + PK + \Delta PK)}\right) Mr \quad \dots\dots(4)$$

【0014】したがって、修正ゲイン K を十分大きくすることにより、 $y \rightarrow Mr$ となる。よって、実際の駆動機構の変動分 ΔP によらずに、指令信号に対応した目標ど

【0015】

【発明の実施の形態】以下では、この発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。図1は、この発明の一実施形態に係る電動パワーステアリング装置の電氣的構成を示すブロック図である。操作手段としてのステアリングホイール1に加えられた操舵トルクは、ステアリングシャフト2を介して、ステアリング機構3に機械的に伝達される。ステアリング機構3には、電動モータ20から操舵補助力が伝達されるようになっている。

【0016】ステアリングシャフト2は、ステアリングホイール1側に結合された入力軸2Aと、ステアリング機構3側に結合された出力軸2Bとに分割されていて、これらの入力軸2Aおよび出力軸2Bは、トーションバー4によって互いに連結されている。トーションバー4は、操舵トルクに応じてねじれを生じるものであり、このねじれ方向および量は、トルクセンサ5によって検出されるようになっている。このトルクセンサ5の出力信号は、コントローラ10(ECU)に入力されている。

【0017】コントローラ10は、トルクセンサ5によって検出される操舵トルクに応じた駆動電流を電動モータ20に与え、操舵トルクに応じた操舵補助力がステアリング機構3に与えられるように、電動モータ20を駆動

4

*し、目標応答モデルを M で表し、修正ゲインを K で表し、駆動機構のモデルを $P + \Delta P$ (P は設計上の駆動機構のモデルを表し、 ΔP は実際の駆動機構のばらつきや温度等の影響による変動分を表す。)で表すと、請求項1の構成の場合における実作動信号 y は、次の第(1)式(伝達式)で表される。

$$\dots\dots(1)$$

※おりの応答が得られる。また、請求項2記載の構成を採用すれば、目標信号 Mr に対応する信号がフィードフォワードされることによって、目標信号が直接的に制御に加味されるので、応答性をさらに良好にすることができる。

【0012】たとえば、フィードフォワード手段が出力するフィードフォワード信号が Mr/P で表されるとすると、実作動信号 y は、次の第(3)式(伝達式)で表される。

★【数2】

☆動制御する。図2は、コントローラ10の機能構成を説明するための機能ブロック図である。コントローラ10は、マイクロコンピュータを備えていて、図2に示された各機能手段は、このマイクロコンピュータが所定のプログラムを実行することにより実現されるようになっている。

【0018】詳細について説明すると、コントローラ10は、トルクセンサ5およびその他のセンサ類(たとえば車速センサなど)からの信号に基づいて電動モータ20に印加すべき指令電圧を決定する指令電圧決定手段11を備えている。決定された指令電圧を表す指令電圧信号 r は、目標応答モデル手段12に入力されるようになっている。目標応答モデル手段12は、指令電圧信号 r を目標応答モデル M にあてはめて、目標電流信号 Mr を生成する。

【0019】目標応答モデル M としては、たとえば、下記第(5)式または第(6)式で表されるものを例示することができる。

【0020】

【数3】

$$M = \frac{1}{Ls + R} \quad \dots\dots(5)$$

$$M = \frac{\omega^2}{s^2 + 2\eta\omega s + \omega^2} \quad \dots\dots(6)$$

ただし、 L は、電動モータ20の等価的インダクタンス、
 R は、電動モータ20の等価的抵抗、
 s は、ラプラス演算子、
 η は、減衰比、
 ω は、固有周波数である。

【0021】目標電流信号 M_r は、減算手段13（偏差演算手段）に入力されるようになっている。ここには、電動モータ20に実際に流れる電流を表す電流信号 y （実作動信号）がフィードバックされている。すなわち、減算手段13は、目標電流信号 M_r に対する実際の電流信号 y の偏差 $u (= M_r - y)$ を出力する。この偏差 u は、モデル誤差修正手段14に入力され、修正ゲイン $K(u)$ （偏差 u の線形または非線形関数）が乗じられる。すなわち、モデル誤差修正手段14の出力信号は K 20 u と表すことができる。

【0022】モデル誤差修正手段14の出力信号 Ku *
 $\{ (M_r - y) K + M_r / P \} (P + \Delta P) = y \quad \dots\dots(7)$

この第(7)式を y について解くことにより、下記第(8)式 ※【0025】
 を得る。 ※【数4】

$$y = \left(1 + \frac{\Delta P}{P(1 + PK + \Delta PK)} \right) M_r \quad \dots\dots(8)$$

【0026】したがって、修正ゲイン K を十分大きくする ★
 ことにより、 $y \rightarrow M_r$ となり、変動分 ΔP によらず 30
 に、指令電圧信号 r に対応した目標どおりの応答が得られることがわかる。図3は、この実施形態における制御によるステップ応答特性を示す図であり、図4は、従来からのPI制御によるステップ応答特性を示す図である。これらの図3および図4には、設計上の電動モータの等価的な直流抵抗 R_0 （たとえば、 $R_0 = 0.1 \Omega$ ）および等価的なインダクタンス L_0 （たとえば、 $L_0 = 0.4 \text{ mH}$ ）に対して、実際の電動モータ20の等価的直流抵抗 R および等価的インダクタンス L が、次の第(9)式および第(10)式の範囲でそれぞれ変動するものと 40
 し、等価的直流抵抗 R および等価的インダクタンス L が下記表1の値をとる場合に対して、それぞれ、曲線C0～C4が描かれている。

【0027】
 $R_{\min} \leq R \leq R_{\max} \quad \dots\dots(9)$

ただし、 $R_{\min} = 0.5 \cdot R_0$ 、 $R_{\max} = 1.5 \cdot R_0$
 $L_{\min} \leq L \leq L_{\max} \quad \dots\dots(10)$

ただし、 $L_{\min} = 0.5 \cdot L_0$ 、 $L_{\max} = 1.5 \cdot L_0$

【0028】

【表1】

6
 *は、加算手段15に入力されるようになっている。この加算手段15には、フィードフォワード手段16からのフィードフォワード信号 M_r/P （ただし、 P は電動モータ20の設計値に対応したモデルである。）が入力されるようになっている。そして、加算手段15は、モデル誤差修正手段14の出力信号 Ku とフィードフォワード信号 M_r/P とを加算することにより、電動モータ20の駆動制御のためのモータ駆動制御信号を作成する。すなわち、モデル誤差修正手段14および加算手段15 10
 により、駆動制御信号生成手段が構成されている。

【0023】フィードフォワード手段16は、目標電流信号 M_r をモータ駆動制御信号に直接的に加味するためのものであり、これにより、応答性の改善が図られている。電動モータ20は、時定数 $\tau (= L/R)$ に個々のばらつきがあり、また、温度変化などにより時定数 τ が変動する。そこで、設計上の電動モータ20のモデルを P （たとえば、 $P = 1/(Ls + R)$ ）で表し、個々の電動モータごとのばらつきや温度変化などによる特性変動を ΔP で表すとする、実際の電動モータ20のモデルは、 $P + \Delta P$ と表すことができる。

【0024】この場合に、図2の構成においては、電流信号 y は、下記第(7)式で表すことができる。

曲線	L	R
C0	L_0	R_0
C1	L_{\max}	R_{\max}
C2	L_{\min}	R_{\max}
C3	L_{\max}	R_{\min}
C4	L_{\min}	R_{\min}

【0029】なお、図3および図4には、横軸に時間を示し、縦軸には、設計上の抵抗 R_0 およびインダクタンス L_0 に対して十分な時間が経過した時点での電流信号の値を「1」として、これに合わせて各場合の電流信号を正規化した値を示してある。図3および図4の比較から、従来のPI制御においては、個々の電動モータの特性のばらつきや変動によりステップ応答に顕著なばらつきが生じるのに対して、本実施形態によれば、電動モータの特性のばらつきまたは変動に対する応答のばらつきが著しく抑制されることが理解される。

【0030】図5(a)～(d)は、修正ゲイン $K(u)$ の例を示す図である。図5(a)(b)の例では、修正ゲイン K は、偏差 u が0のときには0になるようにされていて、偏差 u が0を中心とした一定範囲内の値をとる場合には、偏差 u の絶対値が大きくなるほど大きな値を取り、偏差 u が当該一定範囲外の値をとるときには、予め定めた一定

★50

値とされる。また、図5(c)(d)の例では、修正ゲインKは、偏差uが0のときにも正の値をとり、偏差uが0を中心とした一定範囲内の値をとる場合には、偏差uの絶対値が大きくなるほど大きな値をとり、偏差uが当該一定範囲外の値をとるときには、予め定めた一定値とされる。

【0031】図5(a)(c)の例では、偏差uが0を中心とした一定範囲内の値をとる場合に、修正ゲインKは偏差uに対して線形に変化している。そして、図5(b)(d)の例では、偏差uが0を中心とした一定範囲内の値をとる場合に、修正ゲインKは偏差uに対して非線形に変化している。指令電圧信号rの変動周波数が高い場合には、線形特性(図5(a)(c))を採用すると、電流信号yにあらわれが生じて収束しにくくなるので、非線形特性(図5(b)(d))を採用の方が好ましい。

【0032】以上、この発明の一実施形態について説明したが、この発明は、他の形態でも実施することが可能である。たとえば、「課題を解決するための手段および発明の効果」の項ですでに説明したとおり、応答性がやや低下するものの、フィードフォワード手段16を省いてもかまわない。また、フィードフォワード手段には、指令電圧信号rを与えるかわりに、目標応答モデル手段12が出力する目標電流信号Mrを与えてもよい。この場合には、フィードフォワード手段は、演算子1/Pによる演算を目標電流信号Mrに対して行うものであることが好ましい。

【0033】また、上述の実施形態では、目標応答モデルMとして、電動モータ20に対する目標応答を表すモデルを採用しているが、たとえば、電動モータ20およびステアリング機構3を含む全体の駆動機構の目標応答を表すモデルを採用することとし、当該駆動機構全体としての応答性を改善するようにしてもよい。さらに、上述の実施形態では、電動モータ20の駆動力をステアリ

ング機構3に与える電動パワーステアリング装置の駆動制御の場合を例にとったが、この発明は、電動モータによりポンプを駆動することにより操舵補助のための油圧を発生する油圧式パワーステアリング装置の場合における電動モータまたはこの電動モータおよびステアリング機構を含む全体の駆動機構の応答性の改善のために適用することも可能である。

【0034】さらに、この発明は、電動モータを用いた駆動機構に対して広く適用することができ、電動モータの用途は、電動パワーステアリング装置に限られない。その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態が適用される電動パワーステアリング装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図2】電動モータを制御するためのコントローラの機能構成を説明するための機能ブロック図である。

【図3】この実施形態における制御によるステップ応答特性を示す図である。

【図4】従来からのPI制御によるステップ応答特性を示す図である。

【図5】修正ゲインの設定例を示す図である。

【図6】従来のモータ制御装置の構成を説明するためのブロック図である。

【符号の説明】

3 ステアリング機構

10 コントローラ

20 電動モータ

12 目標応答モデル手段

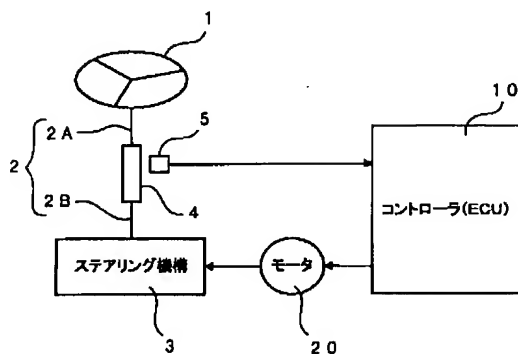
13 減算手段

14 モデル誤差修正手段

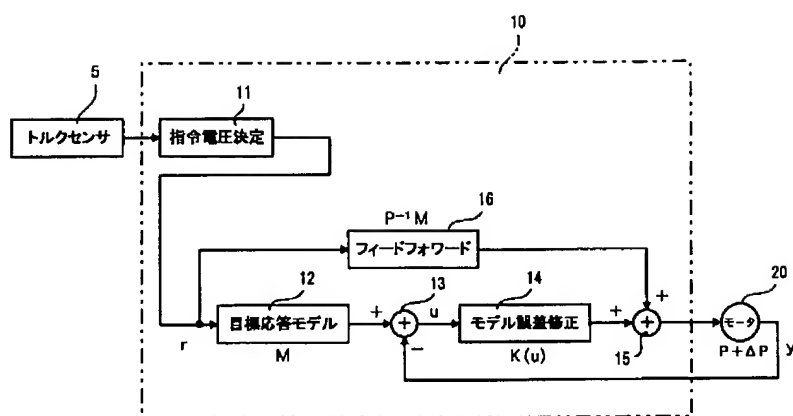
15 加算手段

16 フィードフォワード手段

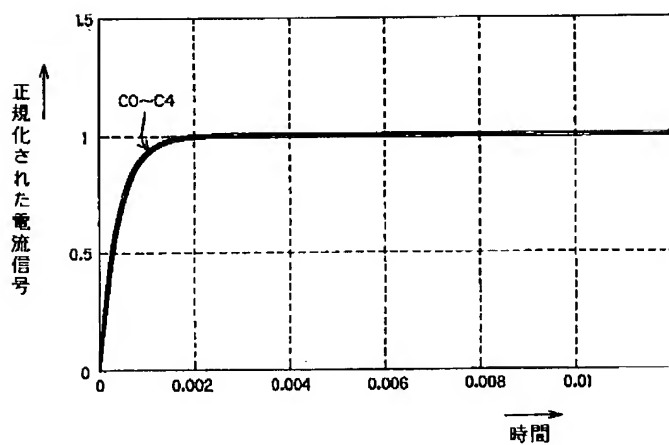
【図1】



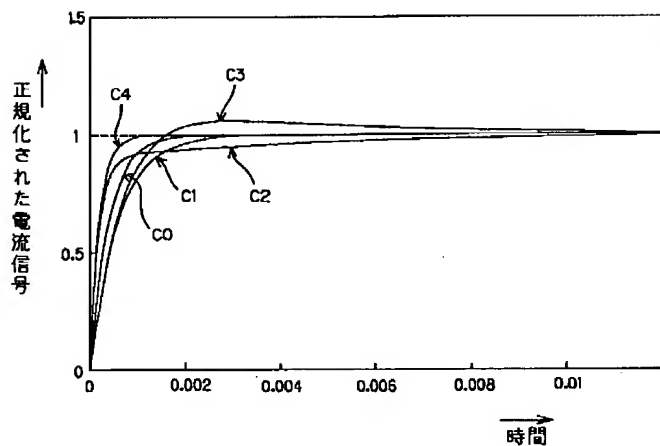
【図2】



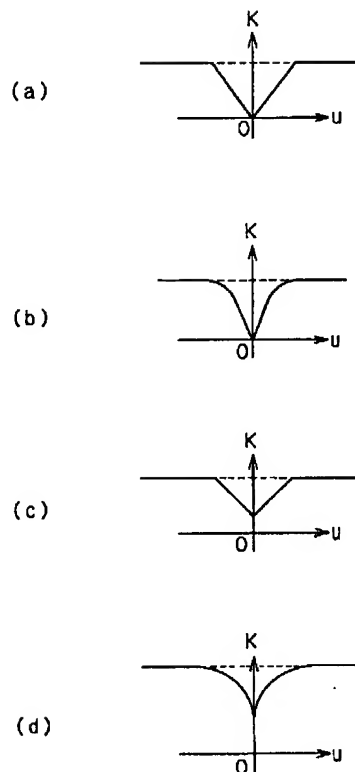
【図3】



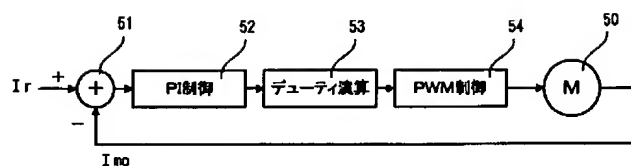
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

G 0 5 B 13/04

識別記号

F I

G 0 5 B 13/04

テーマコード(参考)

Fターム(参考) 3D033 CA03 CA16 CA20 CA21 EB02
 5H004 GA14 GA15 GB12 HA10 HB10
 HB14 JB09 KB13 KB32 KB39
 KC34 KC35 LA01 LA02 LA13
 5H570 AA21 BB11 DD01 GG01 JJ04
 LL02 LL12
 9A001 BB01 BB02 KK31 KK32 KK37
 LL02